



**SKRIPSI –TK 141581**

**SINTESA SUPERABSORBEN AEROGEL SELULOSA  
DARI KERTAS BEKAS**

**Oleh :**

**Bhisma Anugerah Agung Prakasa  
2311100025**

**Sam Matahari  
2311100134**

**Dosen Pembimbing :  
Ir. Minta Yuwana, MS  
NIP. 1951 10 02 1978 03 1001**

**Prof. Dr. Ir. Heru Setyawan, M.Eng  
NIP. 1967 02 03 1991 02 1001**

**JURUSAN TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2015**



**FINAL PROJECT –TK 141581**

**SYNTHESIS OF SUPERABSORBENT CELLULOSE  
AEROGEL FROM PAPER WASTE**

**Author :**

**Bhisma Anugerah Agung Prakasa  
2311100025**

**Sam Matahari**

**2311100134**

**Advisor :**

**Ir. Minta Yuwana, MS**

**NIP. 1951 10 02 1978 03 1001**

**Prof. Dr. Ir. Heru Setyawan, M.Eng**

**NIP. 1967 02 03 1991 02 1001**

**DEPARTMENT OF CHEMICAL ENGINEERING  
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY  
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
SURABAYA 2015**

# LEMBAR PENGESAHAN

## SINTESA SUPERABSORBEN AEROGEL SELULOSA DARI KERTAS BEKAS

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar  
Sarjana Teknik pada Program Studi S-1 Jurusan Teknik Kimia  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

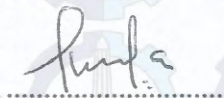
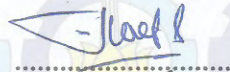
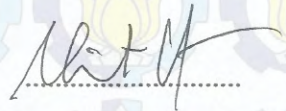
Oleh :

**Bhisma Anugerah A.P**  
**Sam Matahari**

**NRP. 2311 100 025**  
**NRP. 2311 100 134**

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Ir.Minta Yuwana, MS  
(Pembimbing)
2. Prof. Dr. Ir. Heru Setyawan, M. Eng  
(Pembimbing)
3. Prof. Dr. Ir. Achmad Roesyadi, DEA  
(Penguji I)
4. Dr. Kusdianto, S.T, MSc. Eng  
(Penguji II)
5. Ni Made Intan Putri Suari S.T, M.T  
(Penguji III)



Surabaya, Juli 2015

# SINTESA SUPERABSORBEN AEROGEL SELULOSA DARI KERTAS BEKAS

**Nama** : Bhisma Anugerah Agung P. (2311 100 025)  
Sam Matahari (2311 100 134)  
**Jurusan** : Teknik Kimia FTI-ITS  
**Pembimbing** : Ir. Minta Yuwana, M.S  
Prof. Dr. Ir. Heru Setyawan, M.Eng

## ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari proses sintesa dan karakteristik dari superabsorbent aerogel dari kertas bekas. Proses sintesa diawali dengan tahap pembuatan *pulp* dari kertas bekas untuk memperoleh selulosa. Selanjutnya *pulp* dicampur dengan larutan NaOH 2 wt% dengan variasi penambahan larutan urea 0 wt% - 10 wt% sehingga terbentuk gel. Gel yang terbentuk dikoagulasikan menggunakan etanol 99 vol% dan kemudian direndam dalam *demineralized water* sebagai *solvent exchange*. Gel kemudian dibekukan pada suhu -18°C. Gel yang telah membeku selanjutnya dikeringkan menggunakan *freeze dryer* sehingga air yang terkandung di dalamnya mengalami sublimasi. Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan didapatkan aerogel berwarna putih dengan densitas yang sangat ringan yaitu sebesar 0,043 g/cm<sup>3</sup> dengan diameter serat sebesar 7,5-10 µm dan porositas sebesar 0,971. Aerogel yang dihasilkan mampu menyerap air hingga 24,015 kali berat keringnya. Kemampuan menyerap air dan porositas pada aerogel yang dihasilkan berbanding terbalik dengan konsentrasi urea yang ditambahkan. Aerogel dapat digunakan kembali dengan cara diperas hingga 89,9% air yang terkandung mampu terpisah. Aerogel juga dapat digunakan untuk menyerap minyak hingga 19,071 kali masa keringnya. Secara mekanis, melalui uji TGA aerogel selulosa yang dihasilkan dapat bertahan hingga suhu 230°C dan dari uji

tekan aerogel yang dihasilkan memiliki *modulus young* maksimal sebesar  $10.200 \text{ N/m}^2$  dan menunjukkan fleksibilitas yang baik.

Kata Kunci : Superabsorben; Selulosa; Aerogel; Kertas Bekas

# **SYNTHESIS OF SUPERABSORBENT CELLULOSE AEROGEL FROM PAPER WASTE**

**Name** : Bhisma Anugerah Agung P. (2311 100 025)  
Sam Matahari (2311 100 134)  
**Department** : Chemical Engineering – Faculty of Industrial  
Technology – Sepuluh Nopember Institut of  
Technology.  
**Advisor** : Ir. Minta Yuwana, M.S  
Prof. Dr. Ir. Heru Setyawan, M.Eng

## **ABSTRACT**

The purpose of this research was to developed a method of synthesizing and characterizing superabsorbent cellulose aerogel from paper waste. This research was begun by removing cellulose from the paper waste using re-pulping process. Then, the pulp that had been removed was mixed with 2%wt NaOH solution and urea, which 0%wt – 10%wt variation was given, and freezed until became a gel. Then, the it was submerged into 99 vol% ethanol for coagulation process. After that, gel was submerged into demineralization water for the solvent exchange process. Gel was freezed at -18°C in the freezer. Water contain in gel was removed by using freeze drying method, so water contain in the sample could be removed by sublimation. The result was the white-colored aerogel which has extremely low density of 0,043 g/cm<sup>3</sup> with the diameter of fiber is 7,5-10 µm and the porosity is 0,971. The Aerogel has the capacity to absorb water until 24,015 its weight, more urea concentration added on to the solution, the lower absorbtion capacity and porosity aerogels had. Aerogel can be reused by squeezing until its removed 89,8% the existing water. Furthermore, its can absorb oil until 19,071 its weight. Mechanically, by TGA characterization the aerogel could

be used until 230°C and by compression test the maximum modulus young that aerogel had was 10.200 N/m<sup>2</sup> which indicated the sample has a good flexibility.

Keywords : Superabsorbent; Cellulose; Aerogel; Paper Waste

## KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan berkat dan rahmat-Nya sehingga kami dapat menyelesaikan laporan skripsi yang berjudul :

### **”SINTESA SUPERABSORBEN AEROGEL SELULOSA DARI KERTAS BEKAS”**

Selama penyusunan laporan ini, penulis banyak sekali mendapat bimbingan, dorongan, serta bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Kedua orang tua serta saudara-saudara, atas doa, bimbingan, perhatian, dan kasih sayang yang selalu tercurah selama ini.
2. Bapak Ir. Minta Yuwana, MS. dan Bapak Prof. Dr. Ir. Heru Setyawan, M.Eng., selaku Dosen Pembimbing dan Kepala Laboratorium Elektrokimia dan Korosi.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Tri Widjaja, M.Eng., selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
4. Bapak dan Ibu Dosen Pengajar serta seluruh karyawan Jurusan Teknik Kimia, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
5. Rekan-rekan Laboratorium Elektrokimia dan Korosi, Jurusan Teknik Kimia, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
6. Teman-teman dari K-51, atas bantuan, kritik, saran, serta dukungan yang telah diberikan.
7. Pihak-pihak lain yang tidak dapat kami sebutkan satu per satu atas bantuan dan dukungannya kepada kami.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penulisan laporan ini. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun.

Surabaya , Juni 2015

**Penulis**



Halaman ini sengaja dikosongkan

# DAFTAR ISI

**HALAMAN JUDUL**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**ABSTRAK**

**ABSTRACT**

**KATA PENGANTAR** ..... i

**DAFTAR ISI** ..... iii

**DAFTAR GAMBAR** ..... v

**DAFTAR TABEL** ..... vii

## **BAB I PENDAHULUAN**

I.1 Latar Belakang ..... 1

I.2 Rumusan Masalah ..... 2

I.3 Tujuan Penelitian ..... 3

I.4 Manfaat Penelitian ..... 3

## **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

II.1 Selulosa..... 4

II.2 Pemanfaatan Selulosa ..... 5

II.3 Selulosa Dalam Kertas HVS Bekas..... 7

II.4 Aerogel Selulosa ..... 7

II.5 Metode Sintesa Aerogel Selulosa..... 8

II.6 Kelarutan Selulosa dalam Larutan NaOH-Air  
dan NaOH-Urea ..... 9

II.7 Penelitian Terdahulu.....	12
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>	
III.1 Bahan.....	13
III.2 Alat dan Metode Percobaan.....	13
III.3 Karakteristik Produk .....	16
<b>BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN</b>	
IV.1 Kenampakan Fisik Superabsorben Aerogel selulosa ...	18
IV.2 Uji <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM).....	19
IV.3 Porositas Aerogel Selulosa .....	20
IV.4 Uji Dekomposisi Superabsorben Aerogel Selulosa Dengan <i>Thermal Gravimetric Analysis</i> (TGA).....	22
IV.5 Uji Tekan ( <i>Compression Test</i> ).....	24
IV.6 Uji Kemampuan Penyerapan Air dengan Metode <i>Water Absorption Test</i> (ASTM D570-98) .....	26
IV.7 Uji Kemampuan Penyerapan Minyak dengan Metode <i>Oil Absorption Test</i> (ASTM F726-06).....	29
<b>BAB V KESIMPULAN</b>	
V.1 Kesimpulan .....	30
V.2 Saran.....	30
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>APPENDIKS</b>	
<b>BIOGRAFI PENULIS</b>	

## DAFTAR TABEL

Tabel II.1	Penelitian Terdahulu .....	12
Tabel IV.1	Nilai Modulus Young Aerogel Selulosa.....	25
Tabel IV.2	Kemampuan Penghilangan Air Aerogel Selulosa setelah Proses Pemerasan .....	28

Halaman ini sengaja dikosongkan

## DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1	Struktur Selulosa .....	4
Gambar II.2	Diagram fase dari NaOH dalam air .....	10
Gambar III.1	Flow Diagram Prosedur Penelitian .....	15
Gambar III.2	Skema Alat <i>Freeze dryer</i> .....	15
Gambar IV.1	Kenampakan Fisik Superabsorben Aerogel Selulosa .....	19
Gambar IV.2	Citra SEM dengan Perbesaran 1000x pada : (a) Aerogel Selulosa Tanpa Penambahan Urea ; (b) Aerogel Selulosa Dengan Penambahan Urea 10%wt.....	20
Gambar IV.3	Kurva hubungan antara penambahan Konsentrasi urea terhadap : (a) Bulk density (b) Porositas .....	21
Gambar IV.4	Kurva TGA pada Aerogel Selulosa.....	23
Gambar IV.5	Kurva Hubungan Stress ( $\text{N/m}^2$ ) Terhadap Strain pada aerogel selulosa.....	25
Gambar IV.6	Kurva Kemampuan Penyerapan Air pada Superabsorben Aerogel Selulosa.....	27
Gambar IV.7	Kurva Kemampuan Penyerapan Minyak pada Superabsorben Aerogel Selulosa.....	30

Halaman ini sengaja dikosongkan

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **I.1. Latar Belakang**

Superabsorben adalah suatu komponen yang mampu untuk menyerap liquid dalam kapasitas cukup besar dengan aplikasi dibidang industri, misalnya yaitu sebagai absorben pada *diapers* dan sebagai absorben untuk membersihkan tumpahan minyak. Umumnya saat ini superabsorben disintesa dengan menggunakan bahan dasar polimer dimana akan menghasilkan produk berupa gel. Superabsorben polimer memiliki kemampuan untuk menyerap air dalam jumlah yang sangat besar yaitu hingga mencapai kandungan 99% berat total dari komponen tersebut, namun komponen tersebut memiliki kelemahan dimana air yang telah terserap di dalam gel akan susah untuk dikeluarkan dan satu-satunya cara untuk mengeluarkan air tersebut adalah dengan proses *drying*. Dengan adanya keterbatasan tersebut, penggunaan superabsorben dari bahan dasar polimer kurang efisien jika digunakan lebih dari sekali. Oleh sebab itu, dibutuhkan sebuah solusi untuk menciptakan suatu superabsorben dengan material baru yang memiliki daya serap tinggi serta mudah dalam proses penghilangan kandungan air didalamnya, sehingga dapat meningkatkan efisiensi dari penggunaan superabsorben dalam bentuk gel tersebut.

Salah satu cara dalam mengatasi keterbatasan diatas adalah dengan mensintesa senyawa baru yang dapat mengeliminasi kelemahan material tersebut, yaitu sintesa superabsorben aerogel yang berbahan dasar selulosa (Nguyen et al.,2014). Aerogel merupakan gel yang berbentuk padatan kering dengan porositas yang sangat besar dan memiliki berat yang sangat ringan. Sementara itu, selulosa adalah bahan yang umum digunakan dalam beberapa aplikasi yang berbasis biologis seperti kosmetik dan obat-obatan, karena sifatnya yang ramah lingkungan, mudah didaur ulang serta merupakan salah satu material yang dapat diperbaharui.



Dengan adanya globalisasi serta ledakan populasi penduduk dunia, penggunaan kertas untuk kebutuhan diberbagai bidang terus meningkat. Hal ini menyebabkan munculnya masalah lingkungan dimana akan semakin banyaknya limbah yang berupa kertas bekas, dan jika tidak dikelola dengan baik, maka limbah tersebut akan menimbulkan dampak negatif disegala aspek kehidupan. Jumlah limbah yang bersumber dari kertas mencapai 25%-45% dari total limbah padat yang dihasilkan oleh setiap negara di berbagai belahan dunia (Nourbakhsh et al., 2010). Jumlah yang cukup besar tersebut tentunya akan menyebabkan beberapa masalah seperti penebangan hutan yang berlebihan, dan masalah dalam disposal limbah padat jika tidak dikelola dengan baik. Maka dari itu dibutuhkan penanganan khusus untuk menjadikan tumpukan limbah tersebut menjadi barang yang memiliki kegunaan serta nilai ekonomis yang lebih tinggi.

Limbah padat yang berasal dari kertas bekas tersebut memiliki potensi untuk didaur ulang menjadi material yang memiliki kegunaan lebih. Hal ini dikarenakan beberapa alasan yaitu disamping jumlahnya yang melimpah, selulosa yang berasal dari kertas bekas memiliki tingkat fleksibilitas yang tinggi serta sifat fisik yang masih baik sehingga mudah untuk dibentuk kembali dan didaur ulang menjadi produk lainnya.

Selulosa dari kertas bekas tersebut dapat digunakan sebagai bahan baku untuk membentuk suatu material baru yang disebut aerogel selulosa. Aerogel selulosa ini memiliki porositas yang besar. Oleh karena itu, daya serap yang dimilikinya tinggi. Selain itu, dengan thermal konduktivitas yang rendah serta fleksibilitas yang tinggi menyebabkan aerogel berbahan dasar selulosa ini memiliki potensi aplikasi yang sangat besar sebagai agen pengabsorpsi air, pembersihan tumpahan minyak, hingga aplikasi pada benda-benda yang membutuhkan isolasi thermal.

Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui proses sintesis superabsorben aerogel selulosa dari kertas bekas dengan menggunakan larutan NaOH-Urea dengan variabel konsentrasi urea yang dimanipulasi untuk mengetahui

bagaimana karakteristik superabsorben aerogel selulosa yang dihasilkan. Pada penelitian sebelumnya diketahui bahwa aerogel yang dihasilkan memiliki daya serap dan fleksibilitas yang tinggi, hal ini akan menjadikan aerogel berbahan dasar selulosa ini lebih efisien dalam penggunaannya serta menjadikannya sebagai salah satu produk yang ramah lingkungan dimana bahan baku utama yang digunakan merupakan *recycle* dari limbah padat kertas.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang masalah yang ada, maka pada penelitian ini masalah difokuskan pada sintesa superabsorben aerogel selulosa dari kertas bekas. Dimana pengaruh konsentrasi urea yang ditambahkan akan diamati.

## **1.3. Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian ini antara lain sebagai berikut :

1. Mempelajari proses sintesa superabsorben aerogel selulosa dari kertas bekas dengan menggunakan larutan NaOH-Urea.
2. Mengetahui karakteristik superabsorben aerogel selulosa dari kertas bekas yang telah dihasilkan.

## **1.4. Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat dari penelitian ini antara lain sebagai berikut :

1. Memberikan kontribusi untuk pembuatan superabsorben aerogel selulosa dari kertas bekas.
2. Memberikan inspirasi pembuatan *advanced material* dari bahan yang murah dan ramah lingkungan.
3. Memberikan inspirasi cara pengolahan limbah kertas bekas menjadi bahan yang memiliki nilai kegunaan dan ekonomis tinggi.

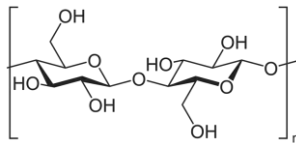
Halaman ini sengaja dikosongkan

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **II.1. Selulosa**

Selulosa adalah salah satu biopolimer alam yang paling penting. Selulosa memiliki sifat hidrofilik dan tidak larut dalam air dan sebagian organik pelarut. Selulosa juga memiliki bentuk morfologi kristal dan amorf yang kompleks. Disamping itu selulosa memiliki sifat yang menarik, seperti biokompatibel, terbaharukan dan dapat terdegradasi serta memiliki banyak gugus hidroksil yang memungkinkan pembentukan jaringan dengan ikatan hidrogen dan sangat baik sebagai reaksi kimia. Selulosa merupakan polisakarida dengan rumus  $(C_6H_{10}O_5)_n$  dan cenderung membentuk mikrofibril melalui ikatan inter dan intra molekuler.



**Gambar II.1** Struktur Selulosa

Selulosa merupakan bagian penyusun utama jaringan tanaman berkayu. Bahan tersebut utamanya terdapat pada tanaman keras, namun demikian pada dasarnya selulosa terdapat pada setiap jenis tanaman, termasuk tanaman semusim, tanaman perdu dan tanaman rambat bahkan tumbuhan paling sederhana sekalipun seperti: jamur, ganggang dan lumut.

Berdasarkan derajat polimerisasi (DP) dan kelarutan dalam senyawa natrium hidroksida (NaOH) 17,5%, selulosa dapat dibedakan atas tiga jenis yakni  $\alpha$ -selulosa adalah selulosa berantai panjang, tidak larut dalam larutan NaOH 17,5% atau larutan basa kuat dengan DP 600-1500

(Tarmansyah, 2005).  $\alpha$ -Selulosa dipakai sebagai penduga atau penentu tingkat kemurnian selulosa. Sementara itu,  $\beta$ -selulosa adalah selulosa berantai pendek, larut dalam larutan NaOH 17,5% atau basa kuat dengan DP 15-90, dapat mengendap bila dinetralkan. Sedangkan  $\gamma$ -Selulosa adalah sama dengan selulosa  $\beta$ , tetapi DP nya kurang dari 15.

$\alpha$ -Selulosa merupakan kualitas selulosa yang paling tinggi (murni). Selulosa  $\alpha > 92\%$  memenuhi syarat untuk digunakan sebagai bahan baku utama pembuatan propelan dan atau bahan peledak. Selulosa kualitas dibawahnya digunakan sebagai bahan baku pada industri kertas dan industri sandang/kain (serat rayon). Selulosa dapat disenyawakan (esterifikasi) dengan asam anorganik seperti asam nitrat, asam sulfat dan asam fosfat. Ketiga unsur tersebut, asam nitrat memiliki nilai ekonomis yang strategis daripada asam sulfat dan asam fosfat karena dapat digunakan sebagai sumber bahan baku propelan/bahan peledak pada industri pembuatan amunisi/mesin dan atau bahan peledak (Tarmansyah, 2005).

## II.2. Pemanfaatan Selulosa

Secara kimia, selulosa merupakan senyawa polisakarida yang terdapat banyak di alam. Bobot molekulnya tinggi, strukturnya teratur berupa polimer yang linear terdiri dari unit ulangan  $\beta$ -D-Glukopiranos. Karakteristik selulosa antara lain muncul karena adanya struktur kristalin dan amorf serta pembentukan *micro fibril* dan *fibril* yang pada akhirnya menjadi serat selulosa. Sifat selulosa sebagai polimer tercermin dari bobot molekul rata-rata, polidispersitas dan konfigurasi rantainya. Dalam praktek, parameter yang banyak diukur adalah berupa derajat polimerisasi (DP) dan kekentalan (viskositas) yang juga merupakan tolak ukur kualitas selulosa.

Kemumian selulosa sering dinyatakan melalui parameter selulosa  $\alpha$ . Biasanya semakin tinggi kadar selulosa  $\alpha$ , maka semakin baik mutu bahannya. Selulosa dapat diesterkan (esterifikasi) dengan asam anorganik seperti asam nitrat, asam sulfat dan asam fosfat. Hasilnya berturut-turut adalah selulosa nitrat, selulosa sulfat dan selulosa fosfat. Secara niaga selulosa nitrat/NC adalah yang terpenting dan banyak digunakan untuk bahan dasar pembuatan bahan peledak atau propelan. Selulosa nitrat tersebut dibuat berdasarkan reaksi alkohol dan asam nitrat dengan katalis asam sulfat pekat terhadap selulosa yang sebelumnya dibuat menjadi selulosa alkali.

Untuk mengetahui kualitas dari selulosa, antara lain dengan pemantauan derajat polimerisasi (DP), maka kita dapat mengetahui kualitas dari selulosa yang ada dan viskositasnya. Di Indonesia jenis selulosa yang berkualitas baik untuk serat panjang adalah tanaman keras seperti pinus, aghatis, bambu, kenaf, abaca, kapas dan rami serta untuk serat pendek adalah albasia, acasia dan eucalyptus. Pengaruh panjang serat, untuk kasus tertentu ada korelasi antara panjang serat dengan kadar selulosa, sebagai contoh : serat kapas mempunyai kadar selulosa yang tinggi dibanding selulosa kayu.

Penggunaan selulosa dan turunannya (derivat selulosa) dibidang industri untuk kesejahteraan luas sekali. Industri-indusri yang menggunakan selulosa sebagai bahan baku meliputi industri kertas, industri yang memproduksi bahan penyerap (*absorbent*) seperti popok bayi, kertas, tissue, pembalut wanita dan lain-lain. Industri yang memproduksi *Carboxy Methyl Cellulose* (CMC) untuk digunakan pada industri makanan dan industri memproduksi selulosa asetat serta selulosa nitrat sebagai bahan plastik dan tekstil. Berbagai jenis kayu dapat juga dimanfaatkan sebelum diolah untuk diambil selulosanya, misalnya : untuk keperluan bahan bangunan seperti untuk lantai, dinding, pintu, kusen dan

untuk bantalan rel kereta api, tiang listrik, telepon, untuk alat musik, alat olahraga, bagian-bagian kapal, bus, kereta api, *aeromodelling* dan lain-lain (Chang et al., 2010).

### **II.3. Selulosa dalam Kertas HVS bekas**

Selulosa secara umum banyak terkandung dalam tanaman berkayu. Dimana selulosa yang berupa serat tersebut merupakan bahan baku utama pada industri kertas. Dengan meningkatnya konsumsi kertas di setiap tahunnya, meningkat juga dampak pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh limbah padat kertas. Limbah padat dari kertas HVS ini memiliki potensi yang sangat besar dimana dapat digunakan untuk mensintesa material aerogel selulosa. Hal tersebut dikarenakan selulosa yang berasal dari kertas HVS masih memiliki kandungan dan komposisi fisik yang baik untuk diolah menjadi produk yang memiliki nilai jual lebih. Serat selulosa merupakan komponen utama dan yang paling penting dalam pembuatan kertas. Jaringan selulosa yang membentuk ikatan antara satu selulosa dengan selulosa lainnya sangat mempengaruhi karakter fisik dan kimia dari kertas yang dihasilkan. Kandungan selulosa pada kertas HVS lebih besar daripada lignin dan hemiselulosa, yaitu mencapai 90%-99% dari beratnya (Sahin et al., 2007).

### **II.4. Aerogel Selulosa**

Aerogel selulosa didefinisikan sebagai padatan nanopori yang dibentuk oleh penggantian cairan dengan gas dalam gel. Selain itu tidak boleh ada waktu penyusutan atau batas penyusutan selama proses pergantian. Aerogels merupakan bahan ringan yang memiliki densitas hingga  $0,004 \text{ g/cm}^3$  dan volume fase padatnya harus hanya beberapa persen dari total volume (0,2-20 %). Selain ringan, aerogel juga memiliki karakteristik yaitu porositas yang besar dan elastisitas yang tinggi. Karena memiliki porositas yang besar,

konduktivitas panas yang dimiliki aerogel sangat rendah, hal tersebut dikarenakan sebagian besar volume aerogel berisi udara. Karakteristik aerogel ini membuatnya menarik untuk diaplikasikan dalam beberapa aspek seperti sebagai superabsorben cairan, isolasi panas dan isolasi akustik. Aerogel juga dapat berfungsi sebagai inti densitas rendah pada struktur atau sebagai tempat untuk pengendapan nano partikel anorganik.

Aerogel selulosa memiliki volume pori sangat besar dan berat yang ringan. Kondisi tersebut memberikan keuntungan untuk mengaplikasikan aerogel selulosa pada proses pengemasan, isolasi panas, dan sebagai superabsorben (Nguyen et al., 2014)

Berdasarkan ukuran pori – pori yang utama, IUPAC mengklasifikasikan material berpori menjadi 3 kelas:

- (1) mikropori, dengan ukuran pori  $< 2.0$  nm.
- (2) mesopori, dengan ukuran pori 2 - 50 nm.
- (3) makropori, dengan ukuran pori  $> 50$  nm.

Kemampuan absorpsi suatu zat dipengaruhi oleh luas permukaan, baik itu permukaan luar ataupun permukaan dalam pada pori-pori suatu padatan, semakin besar luas permukaan suatu padatan semakin besar kemampuan absorpsinya. Semakin kecil ukuran suatu padatan, dengan jumlah berat yang sama dibandingkan dengan padatan yang sama yang memiliki ukuran yang lebih besar, lebih luas permukaan padatan yang memiliki ukuran yang lebih kecil. Semakin banyak jumlah pori-pori suatu padatan semakin luas permukaannya. Zat absorpsi yang baik adalah zat yang memiliki luas permukaan yang besar, yaitu yang memiliki banyak pori-pori dan ukurannya kecil.

## **II.5. Metode Sintesa Aerogel Selulosa**

Secara umum aerogel selulosa dapat disintesa dari segala jenis selulosa yang ada. Terdapat dua tipe selulosa yang dapat digunakan dalam proses sintesa aerogel selulosa



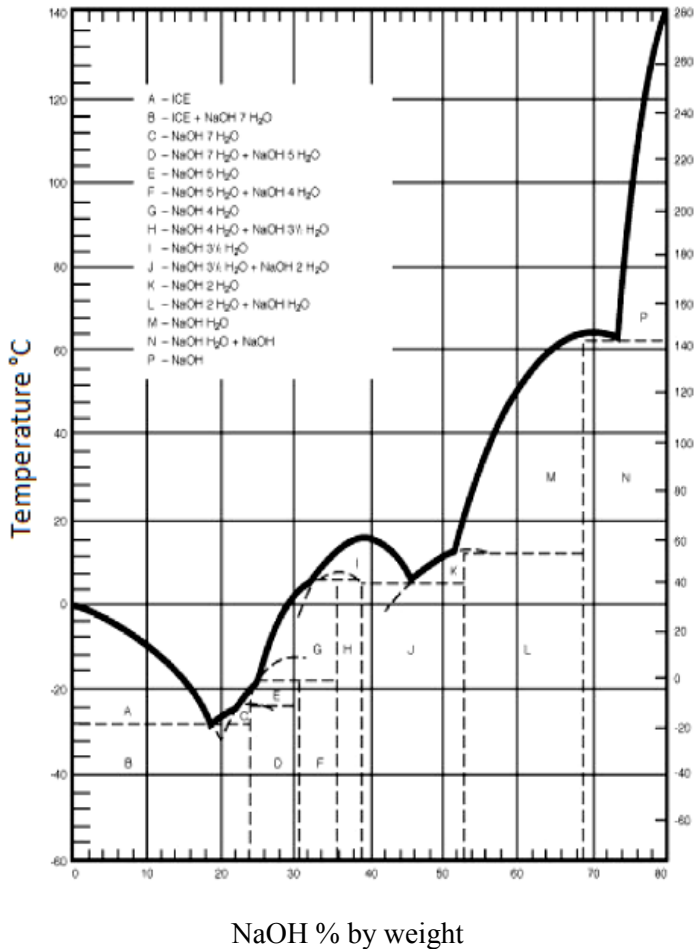
ini yang pertama yaitu selulosa yang berasal dari serat tumbuhan, dan yang kedua yaitu menggunakan *nanofibrilated cellulose* atau *microfibrillated Cellulose* yang berasal dari pemutusan ikatan selulosa secara mekanis atau dengan penambahan enzim tertentu (Sescousse et al., 2010).

Pada proses sintesa aerogel selulosa yang pertama yaitu dengan cara merendam selulosa pada pelarut secara langsung diantaranya dengan menggunakan pelarut *N-methyl-morpholine N-Oxide (NMMO)*, *monohydrate*, *8% NaOH-Water*, *LiCl/DMAc* dan *calcium thiocyanate*. Kemudian setelah direndam, selulosa dikoagulasikan di dalam alkohol dan kemudian dikeringkan dengan cara tertentu dimana dalam proses pengeringan tersebut harus menjaga agar pori-pori dari gel yang terbentuk tidak rusak atau menyusut. Proses pengeringan yang biasa digunakan yaitu dengan metode *freeze drying* dimana gel tersebut akan dibekukan kemudian akan divakum agar solvent yang berada di dalam gel tersebut dapat menyublim dan menyisakan gel berpori yang berisi udara atau disebut aerogel. Aerogel yang terbentuk ini memiliki distribusi pori yang sangat besar yaitu dari puluhan nanometer hingga beberapa mikron. *Foaming agent* juga bisa ditambahkan untuk meningkatkan porositas dari aerogel yang terbentuk. Disamping itu aerogel yang terbentuk akan memiliki luas permukaan yang sangat besar hingga ratusan  $\text{m}^2/\text{g}$ . Densitas aerogel yang terbentuk bervariasi antara satu dengan lainnya dimana densitas tersebut dipengaruhi oleh seberapa besar kadar selulosa yang kita gunakan sebagai bahan baku utama. (Sescousse et al., 2010).

## **II.6. Kelarutan Selulosa dalam Larutan NaOH-Air dan NaOH-Urea**

NaOH adalah basa kuat yang sudah umum digunakan pada industri *pulp* dan kertas. Larutan NaOH-air dapat membentuk bervariasi hidrat yang bergantung pada

konsentrasi NaOH dan kondisi temperatur seperti pada Gambar II.2 :



**Gambar II.2** Diagram fase dari NaOH dalam air (Hou, 1942)

Berdasarkan grafik tersebut, dalam *range* konsentrasi 0 - 20%, temperatur perubahan fase akan

semakin menurun seiring dengan meningkatnya konsentrasi NaOH. Dalam proses pendinginan yang lambat, es akan muncul pada perubahan fase tanpa adanya NaOH hidrat yang terbentuk. Namun jika temperatur turun cukup cepat hingga di bawah  $-34^{\circ}\text{C}$ , akan terbentuk campuran es dan  $\text{NaOH} \cdot \text{H}_2\text{O}$  (Wang, 2008).

Dalam kombinasi konsentrasi NaOH dan suhu yang berbeda, selulosa akan berinteraksi dengan NaOH membentuk kompleks yang berbeda. NaOH dapat menyebabkan selulosa membengkak dan bahkan mampu melarutkan selulosa. Pembekuan campuran selulosa-NaOH pada suhu  $-20^{\circ}\text{C}$  membentuk suatu massa padat (Isogai, 1998).

Beberapa tahun terakhir ini, para peneliti menemukan bahwa campuran NaOH dan urea pada temperatur rendah dapat lebih baik melarutkan selulosa dibandingkan dengan penggunaan NaOH saja. NaOH mampu menghancurkan ikatan inter- dan intra-hidrogen antara molekul selulosa. Sementara itu, urea tidak memiliki interaksi langsung terhadap selulosa, tetapi membantu NaOH untuk menembus masuk ke dalam kristal selulosa dan mencegah asosiasi kembali dari molekul selulosa, sehingga mengarah ke peleburan molekul selulosa (Isobe, 2012).

Peleburan selulosa terjadi dengan pemutusan ikatan hidrogen baik inter maupun intra molekul untuk membentuk larutan molekul selulosa. Peleburan selulosa lebih mirip dengan proses pencairan benda padat. Proses peleburan selulosa bekerja pada suhu rendah dikarenakan proses tersebut bersifat eksotermis. Peleburan selulosa memiliki beberapa tahapan yaitu peleburan daerah kristal selulosa dan transisi dari daerah amorf menjadi elastis, pelarutan makromolekul selulosa dan pencampuran selulosa terlarut dengan pelarut (Wang, 2008).

## II.7. Penelitian Terdahulu

**Tabel II.1.** Penelitian Terdahulu

<b>No</b>	<b>Peneliti</b>	<b>Metode dan Bahan</b>	<b>Hasil Penelitian</b>
1	Nguyen et al., 2014	Fabrikasi biodegradable aerogel selulosa dari kertas bekas menggunakan larutan NaOH-air-Urea	Diperoleh perbandingan yang efektif untuk pembuatan aerogel yang berbahan baku selulosa dimana menghasilkan aerogel selulosa dengan densitas yang sangat kecil dan thermal konduktivitas yang sangat rendah
2.	Mallepally et al., 2012	Sintesa superabsorben aerogel berbasis alginic acid sodium salt dari alga cokelat.	Diperoleh hasil dimana aerogel yang dihasilkan dengan menggunakan proses sol-gel dan dikeringkan dengan menggunakan fluida superkritis memiliki karakteristik produk yang lebih baik
3.	Sescousse et al., 2010	Perbandingan sintesa aeroselulosa dari larutan ionik-selulosa, NaOH-selulosa, dan NMMO-selulosa	Diperoleh hasil dimana aeroselulosa yang berasal dari larutan ionik dan NaOH memiliki nilai modulus young mendekati tiga. Dimana angka tersebut adalah tipikal dari silika aerogel.

Halaman ini sengaja dikosongkan

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **III.1 Bahan**

1. Kertas Bekas  
Jenis : Kertas HVS putih  
Fungsi : Sumber selulosa
2. Natrium Hidroksida (NaOH), PA  
Pembuat : Merck  
Fungsi : Sebagai bahan campuran pelarut selulosa
3. Urea (CON<sub>2</sub>H<sub>4</sub>) , Komersial  
Pembuat : Petrokimia Gresik  
Fungsi : Sebagai bahan campuran pelarut selulosa
4. Etanol (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH), PA  
Pembuat : Merck  
Fungsi : Sebagai bahan koagulasi selulosa
5. Demineralized water  
Pembuat : Brataco  
Fungsi : Sebagai bahan *solvent exchange*.

#### **III.2. Alat dan Metode Percobaan**

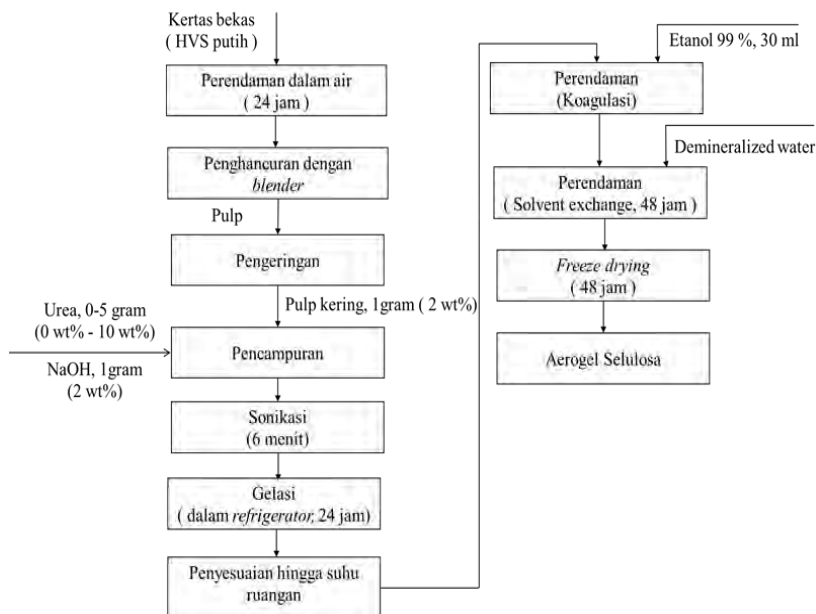
Secara umum proses pembuatan aerogel selulosa dapat dilihat melalui *flow diagram* pada Gambar III.1. Tahap pertama adalah pembuatan pulp atau bubur kertas yang diawali dengan merendam 400 gram kertas bekas didalam 5 liter air selama 1 hari. Dalam penelitian ini kertas bekas yang digunakan adalah HVS putih. Kertas bekas yang telah direndam kemudian dihancurkan menggunakan *blender* dengan penambahan sedikit air untuk mempermudah proses penghancuran, hingga nantinya diperoleh *pulp*. Air yang ada dalam *pulp* kemudian dipisahkan

dengan cara disaring. Setelah itu, *pulp* dikeringkan dengan menggunakan oven pada suhu 80°C selama 1 hari.

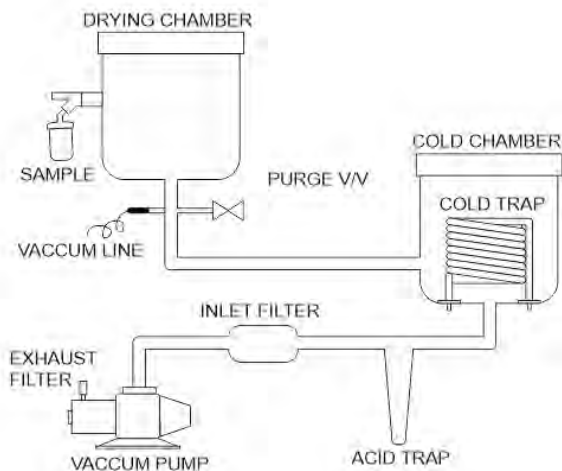
Kemudian 1 gram NaOH dan 0 – 5 gram urea dilarutkan ke dalam 20 ml *demineralized water* hingga larutan yang terbentuk homogen. Setelah itu larutan tersebut ditambahkan 1 gram *pulp* kering yang telah dilarutkan ke dalam *demineralized water* hingga mencapai massa total sebesar 50 gram. Kadar *pulp* kering dalam campuran larutan adalah sebesar 2 wt%. Selanjutnya, *pulp* didispersikan dalam larutan dengan menggunakan *sonicator* selama 6 menit. Penggunaan *sonicator* tersebut bertujuan agar selulosa yang masih menggumpal ketika dilakukan pencampuran dapat terurai antara satu dengan lainnya sehingga dapat terdispersi sempurna di dalam larutan. Setelah proses dispersi selesai, larutan dimasukkan ke dalam *refrigerator* dengan suhu -18°C selama 24 jam hingga terbentuk gel.

Gel yang terbentuk tersebut kemudian dibiarkan di ruang terbuka untuk penyesuaian dengan suhu ruangan. Selanjutnya gel direndam selama 24 jam dalam larutan etanol 99 vol% yang ditambahkan sebanyak 30 ml sehingga terjadi koagulasi. Pada proses koagulasi ini digunakan *beaker glass* 50 ml yang sekaligus berfungsi sebagai cetakan. Setelah koagulasi selesai, proses dilanjutkan pada tahap *solvent exchange* dengan merendam gel dalam *demineralized water* sebanyak 50 ml selama 48 jam. Selain sebagai *solvent exchange*, penambahan *demineralized water* juga bertujuan untuk menghilangkan pengotor yang masih ada pada gel.

Setelah proses *solvent exchange*, sampel kemudian dibekukan dalam *refrigerator* dengan suhu -18°C selama 12 jam. Selanjutnya, sampel yang telah beku dikeringkan selama 48 jam dengan menggunakan *freeze dryer*, ilShin®. Sampel diletakkan sedemikian rupa sesuai dengan Gambar III.2. Karena tekanan menurun dan suhu sampel yang rendah mengakibatkan *solvent* yang membeku pada gel mengalami sublimasi. Setelah proses ini selesai akan diperoleh aerogel selulosa kering.



**Gambar III.1** Flow Diagram Prosedur Penelitian



**Gambar III.2.** Skema alat *freeze dryer*, ilShin®.



### III.3 Karakteristik Produk

Aerogel selulosa sebagai produk yang didapatkan dari proses sintesa kemudian dikarakterisasi dengan cara sebagai berikut :

1. *Thermo Gravimetric Analysis.*

Analisa ini untuk mengetahui hubungan antara penyusutan berat terhadap temperatur. Aerogel selulosa dipanaskan hingga suhu 600°C dengan *heating rate* 5°C/menit. Untuk analisa ini digunakan alat TG-DTA, Shimadzu DTG 60/60H.

2. *Water absorption test.*

Analisa ini digunakan untuk mengetahui kapasitas absorpsi sampel aerogel selulosa untuk menyerap air sesuai dengan ASTM D570-98 yang telah dimodifikasi. Sampel kering ditimbang dan direndam dalam 800 ml *demineralized water* selama 20 menit. Setelah proses perendaman, sampel basah diangkat dengan kecepatan 20 cm/menit dengan bantuan *controlized motor*. Kelebihan air pada permukaan sampel dihilangkan dengan menggunakan kertas saring. Selanjutnya sampel yang basah ditimbang. Setelah ditimbang, sampel basah tersebut diperas kemudian ditimbang lagi dan dilanjutkan untuk proses absorpsi berikutnya. Pengujian absorpsi ini dilakukan sebanyak 3 kali.

3. *Oil absorption test.*

Analisa ini digunakan untuk mengetahui kapabilitas sampel aerogel selulosa untuk menyerap minyak sesuai dengan ASTM F726-06. Analisa ini dilakukan sama dengan analisa *water absorption test* tetapi tanpa pengulangan. Saat sampel basah diangkat dari rendaman, kelebihan minyak dibiarkan menetes selama 30 detik. Minyak yang digunakan adalah minyak goreng.

4. *Scanning Electron Microscopy (SEM)*

Analisa ini dilakukan untuk mengamati morfologi dari aerogel selulosa secara visual. Alat yang digunakan untuk analisa ini adalah SEM Phenom.

5. *Compression test*

Analisa ini digunakan untuk mengetahui perubahan ketinggian dari aerogel selulosa ketika diberi tekanan. Perubahan tersebut akan menunjukkan fleksibilitas dari ikatan serat yang ada pada aerogel selulosa tersebut. Sampel diletakkan pada sebuah alas datar lalu kemudian diberi beban awal sebesar 50 gram dengan luas bidang kontak 25 cm<sup>2</sup>. Selanjutnya beban ditambah hingga mencapai 1000 gram dengan interval penambahan sebesar 50 gram dan dicatat perubahan ketinggian sampel tiap penambahan beban yang telah dilakukan.

Halaman ini sengaja dikosongkan

## **BAB IV**

### **HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

Pada penelitian ini serat selulosa daur ulang yang digunakan berasal dari kertas bekas yaitu, HVS putih. Proses sintesa superabsorben aerogel selulosa dari kertas bekas tersebut dilakukan dengan menggunakan larutan NaOH-Urea. Langkah pertama penelitian ini adalah mendaur ulang selulosa dari kertas bekas. Kemudian langkah kedua adalah melakukan sintesa aerogel selulosa dengan menggunakan larutan NaOH-Urea. Langkah ketiga adalah karakterisasi aerogel selulosa.

Untuk proses pengeringan dilakukan dengan menggunakan *freeze dryer* agar tidak merusak struktur sampel. Pada proses ini, sampel dibekukan lalu tekanan sekitar diturunkan sehingga menyebabkan air yang membeku di dalam sampel akan secara langsung mengalami sublimasi dari fase padat menjadi gas. Keadaan ini akan menimbulkan gaya minimum pada dinding pori aerogel sehingga struktur pori tidak hancur atau pun mengalami penyusutan. Dengan demikian akan diperoleh aerogel yang sangat ringan dan memiliki banyak pori.

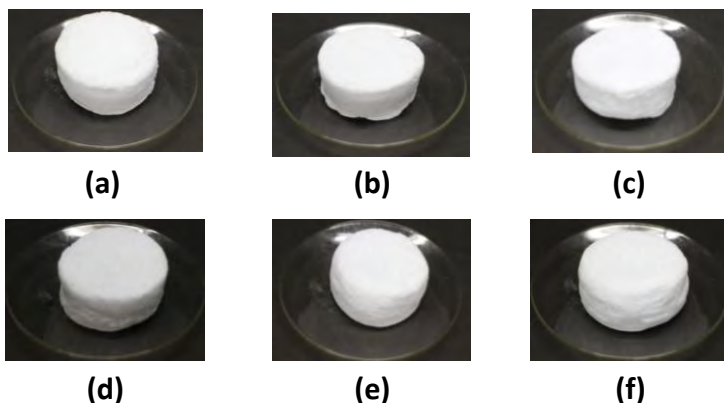
Aerogel selulosa yang dihasilkan kemudian dengan menggunakan metode *water absorption test* untuk mengetahui kemampuan menyerap air dan *oil absorption test* untuk mengetahui kemampuan menyerap minyak. Selain itu juga dilakukan *Thermo Gravimetric Analysis* untuk mengetahui hubungan antara penyusutan berat terhadap temperatur, *Scanning Electron Microscopy* (SEM) untuk mengetahui morfologi secara visual, dan *compression test* untuk mengetahui fleksibilitas dari aerogel selulosa yang diperoleh.

#### **IV.1. Kenampakan Fisik Superabsorben Aerogel Selulosa yang Dihasilkan**

Proses sintesa superabsorben aerogel selulosa dari kertas bekas diakhiri dengan pengeringan menggunakan *freeze dryer*

sehingga diperoleh aerogel selulosa kering. Aerogel selulosa kering tersebut memiliki massa yang sangat ringan yang mengindikasikan banyaknya rongga udara didalamnya.

Aerogel selulosa yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar IV.1. Apabila dilihat secara fisik, superabsorben aerogel selulosa yang dihasilkan relatif sama, yaitu berupa aerogel berwarna putih berbentuk silinder. Apabila dilihat lebih teliti, pada permukaan terdapat rangkaian serat-serat selulosa yang membentuk suatu ikatan. Jadi, secara fisik, tidak ada perbedaan secara signifikan untuk setiap variasi konsentrasi urea yang ditambahkan.

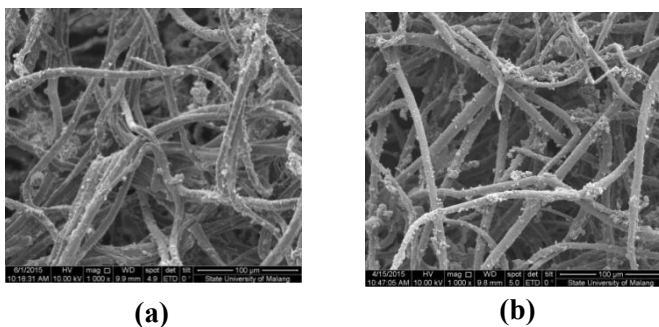


**Gambar IV.1.** Kenampakan fisik superabsorben aerogel selulosa pada penambahan urea : (a) 0%wt ; (b) 2%wt ; (c) 4%wt ; (d) 6%wt ; (e) 8%wt ; (f) 10%wt

#### **IV.2. Uji *Scanning Electron Microscope* (SEM)**

Uji *Scanning Electron Microscope* (SEM) ini dilakukan untuk mengetahui morfologi aerogel selulosa yang dihasilkan seperti pada Gambar IV.2. Melalui pengamatan pada perbesaran 1000x, tidak terlihat adanya perbedaan yang signifikan antara aerogel selulosa yang disintesa tanpa adanya urea dan

penambahan urea. Aerogel selulosa yang diperoleh tersusun atas serat-serat yang membentuk suatu rangkaian yang terjalin satu sama lain. Serat tersebut terlihat memiliki struktur seperti silinder yang dengan diameter antara  $7,5\text{ }\mu\text{m}$  hingga  $10\text{ }\mu\text{m}$ . Pada serat-serat tersebut juga terlihat adanya partikel-partikel kecil yang menempel. Kemungkinan partikel-partikel kecil tersebut adalah sisa NaOH dan urea yang menjadi pengotor.



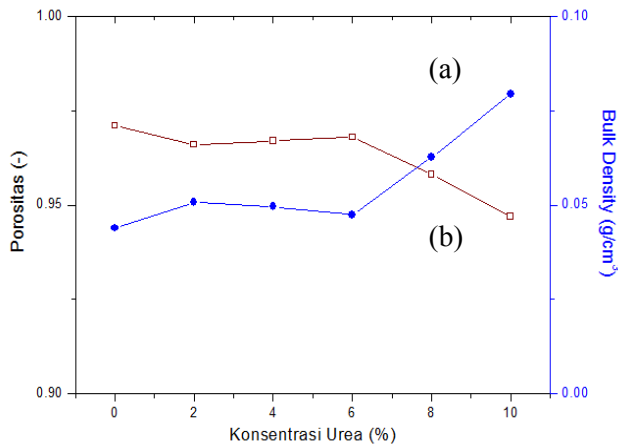
**Gambar IV.2.** Citra SEM dengan Perbesaran 1000x pada : (a) Aerogel Selulosa Tanpa Penambahan Urea ; (b) Aerogel Selulosa Dengan Penambahan Urea 10%wt

Pada aerogel selulosa hasil sintesa terlihat adanya pori-pori yang sangat banyak. Pori-pori tersebut berada diantara serat-serat penyusun aerogel selulosa. Dapat terlihat bahwa pori-pori tersebut memiliki ukuran yang relatif besar. Oleh karena itu, pori-pori yang dimiliki aerogel selulosa tergolong *macroporous*. Kondisi ini memungkinkan nilai volume rongga yang dimiliki oleh aerogel selulosa juga relatif besar.

### IV.3. Porositas Aerogel Selulosa

Dengan melakukan pengukuran dimensi serta massa aerogel selulosa yang diperoleh dari proses sintesa, maka dapat

diketahui nilai densitasnya. Selanjutnya dari densitas tersebut, dapat diperoleh nilai porositas dari masing-masing aerogel selulosa.



**Gambar IV.3.** Kurva hubungan antara penambahan konsentrasi urea terhadap : (a) *Bulk density* (b) Porositas

Gambar IV.3. menunjukkan hubungan antara nilai *bulk density* dan porositas terhadap konsentrasi penambahan urea. Dapat dilihat bahwa nilai *bulk density* semakin meningkat seiring dengan naiknya konsentrasi urea yang ditambahkan. Secara keseluruhan, *bulk density* yang dimiliki aerogel selulosa sangat kecil dan berada dalam *range* 0,043 – 0,079 g/cm<sup>3</sup>. Dengan *bulk density* yang sangat kecil tersebut membuktikan bahwa aerogel selulosa tersebut sangat ringan. Massa yang ringan tersebut mungkin dikarenakan banyaknya rongga di dalam aerogel selulosa.

Dengan diketahuinya nilai *bulk density* dari masing-masing aerogel selulosa, maka dapat pula dihitung nilai porositasnya. Porositas merupakan perbandingan nilai antara volume rongga terhadap volume aerogel selulosa. Berdasarkan Gambar IV.3. dapat dilihat bahwa nilai porositas memiliki kecenderungan semakin meningkat seiring dengan penurunan

massa urea yang ditambahkan. Nilai porositas tertinggi yaitu sebesar 0,971 dan yang terendah 0,947. Peningkatan porositas yang cukup signifikan terlihat pada pengurangan konsentrasi urea dari 10% menjadi 6% . Sementara itu terdapat sedikit penurunan nilai porositas pada aerogel selulosa dengan pengurangan konsentrasi urea 6% hingga 2%. Akan tetapi penurunan terjadi tidak terlalu signifikan sehingga dapat dianggap sebagai *error* yang terjadi saat dilakukan pengukuran.

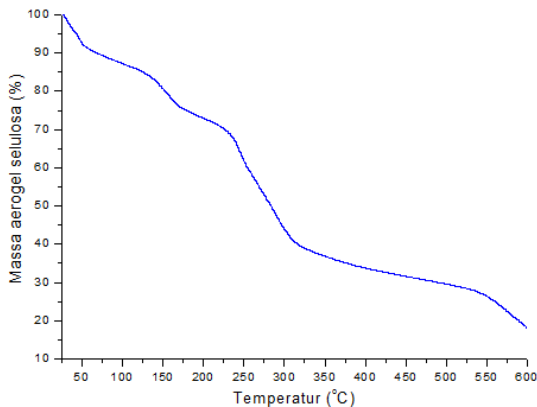
Ketika urea ditambahkan maka akan terbentuk hidrat di dalam larutan. Urea hidrat tersebut tidak secara langsung berinteraksi dengan selulosa dalam proses pelarutan. Keberadaan urea memungkinkan adanya bantuan sehingga NaOH hidrat dapat lebih mudah menembus ke dalam daerah kristal selulosa dan menyebabkan peningkatan fraksi selulosa yang terlarut. Keadaan inilah yang mungkin menyebabkan molekul selulosa semakin dekat satu sama lain sehingga porositas yang dimiliki menjadi lebih kecil ketika dikeringkan.

Dengan nilai porositas yaitu 0,947 sampai 0,971 menunjukkan volume pori yang relatif besar dan hampir sama nilainya dengan volume aerogel selulosa. Selain itu keberadaan rongga dalam aerogel selulosa juga telah dibuktikan melalui pengamatan SEM dengan perbesaran 1000x yang menunjukkan bahwa terdapat rongga yang relatif besar. Pori-pori ada pada aerogel selulosa tersebut memungkinkan penyerapan dengan kapasitas yang cukup besar. Hal ini terbukti pada uji penyerapan yang dilakukan pada aerogel selulosa tersebut.

#### **IV.4. Uji Dekomposisi Superabsorben Aerogel Selulosa dengan *Thermal Gravimetric Analysis*(TGA)**

Pengujian *Thermal Gravimetric Analysis* pada aerogel selulosa yang dihasilkan bertujuan untuk memperoleh hubungan antara pengurangan massa aerogel terhadap perubahan temperatur. Pada uji yang dilakukan, aerogel selulosa hasil sintesa dipanaskan dari temperatur ruang hingga 600°C dengan *rate* pemanasan sebesar 5°C/menit .



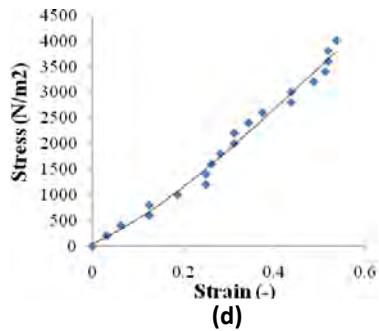
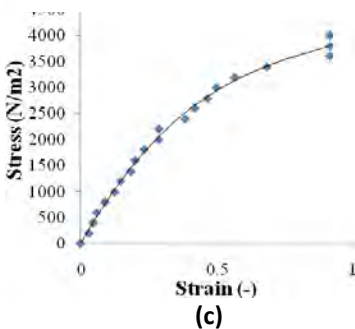
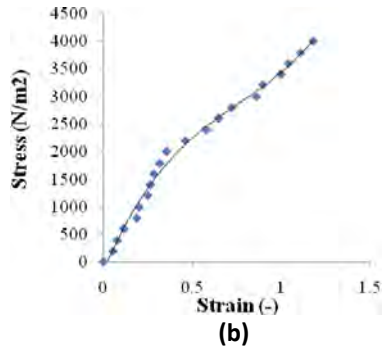
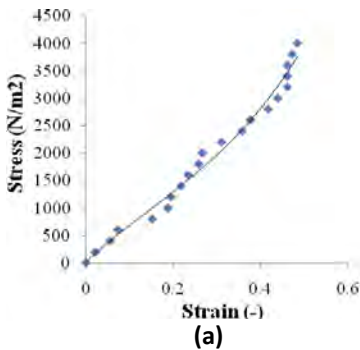


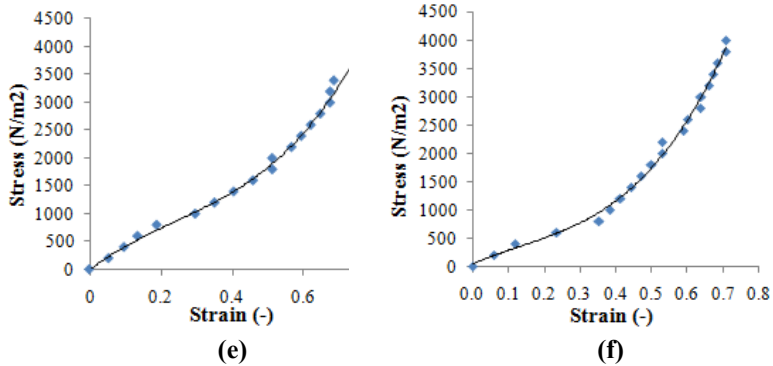
**Gambar IV.4.** Kurva TGA pada Aerogel Selulosa

Dari pengujian tersebut maka akan diperoleh kurva seperti Gambar IV.4. Berdasarkan kurva tersebut menunjukkan bahwa pada temperatur 25°C hingga 200°C terjadi penurunan berat aerogel selulosa yang mengindikasikan kandungan air yang ada mengalami penguapan. Kemudian pada temperatur 230°C menjadi titik awal penurunan berat yang sangat signifikan hingga 325°C. Pada *range* temperatur 230°C hingga 325°C aerogel selulosa mengalami proses pembakaran sehingga mengalami penyusutan massa. Setelah melewati temperatur 325°C, penurunan massa masih terus berlangsung secara perlahan hingga menyisakan sebagian kecil massa pada suhu 600°C. Sampel yang tersisa pada akhir pengujian memiliki ukuran yang jauh lebih kecil dibandingkan dengan kondisi awal dan terjadi perubahan warna dari putih menjadi hitam. Secara sekilas masih terlihat adanya serat-serat penyusun aerogel selulosa yang terjalin satu sama lain walaupun warnanya telah berubah menjadi hitam. Dengan demikian, melalui uji ini dapat diketahui bahwa aerogel selulosa hasil proses sintesa dapat digunakan pada kondisi dengan temperatur maksimum sebesar 230°C.

#### IV.5. Uji Tekan (*Compression Test*)

Uji tekan pada aerogel selulosa dilakukan dengan menambahkan beban hingga 1000 gram dengan interval 50 gram. Penambahan beban yang diberikan menyebabkan ketinggian dari aerogel selulosa mengalami penurunan hingga nilai tertentu. Sejumlah beban yang ditambahkan tersebut memungkinkan adanya kerusakan struktur pada serat aerogel selulosa. Kerusakan tersebut mengakibatkan ketinggian aerogel selulosa tidak bisa kembali ke ukuran semula ketika beban dipindahkan.





**Gambar IV.5.** Kurva Hubungan *Stress* (N/m<sup>2</sup>) Terhadap *Strain* pada aerogel selulosa : (a) 0%wt ; (b) 2%wt ; (c) 4%wt ; (d) 6%wt ; (e) 8%wt ; (f) 10%wt

Pada Gambar IV.5. ditampilkan data berupa hubungan antara *stress* terhadap *strain* pada setiap penambahan beban yang dilakukan. Kurva yang diperoleh tampak seperti garis lengkung dengan kecenderungan nilai *strain* yang semakin meningkat seiring dengan bertambahnya nilai *stress* yang diberikan. Dari beberapa titik yang linear awal yang ada pada kurva dapat ditarik suatu garis untuk mendapatkan nilai modulus young yang dimiliki oleh masing-masing aerogel dengan variabel yang telah ditetapkan seperti yang ditunjukkan pada Tabel IV.1. dibawah ini.

**Tabel IV.1.** Nilai Modulus Young Aerogel Selulosa

	Konsentrasi Urea (% berat)					
	0	2	4	6	8	10
Modulus Young (N/m <sup>2</sup> )	6423,5	5100	10200	6400	3415,4	2550

Nilai Modulus Young merupakan perbandingan antara *stress* terhadap *strain*. Dari Tabel IV.1. terlihat bahwa nilai

*modulus young* meningkat pada aerogel selulosa dengan pengurangan konsentrasi urea dari 10% ke 4%. Selanjutnya pada aerogel selulosa dengan penambahan konsentrasi urea 2% dan 0%, nilai *modulus young* relatif menurun. *Modulus young* terbesar didapatkan pada aerogel selulosa dengan variabel 4%wt urea yaitu sebesar 10200 N/m<sup>2</sup>. Nilai *modulus young* ini menunjukkan bahwa fleksibilitas yang dimiliki aerogel selulosa relatif cukup besar.

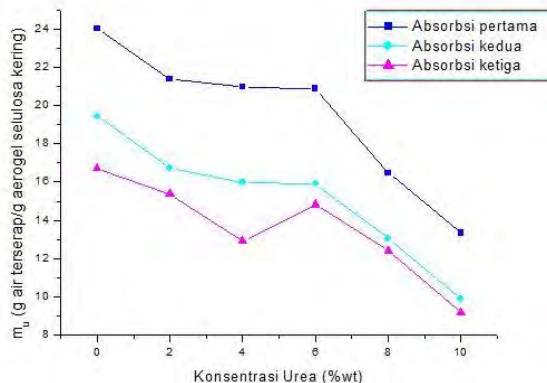
#### **IV.6.Uji Kemampuan Penyerapan Air dengan Metode *Water Absorption Test* (ASTM D570-98)**

Untuk mengetahui kemampuan aerogel selulosa yang dihasilkan terhadap penyerapan air maka dilakukan uji berdasarkan ASTM D570-98 yang telah dimodifikasi dimana absorpsi dilakukan sebanyak 3 kali. Setiap aerogel selulosa ditimbang terlebih dahulu untuk mengetahui massa awalnya. Selain itu, dimensi dari aerogel selulosa tersebut juga diukur untuk mengetahui volumenya. Selanjutnya aerogel selulosa direndam dalam air demineral selama 20 menit untuk proses pengujian absorpsi yang pertama. Aerogel selulosa yang terendam kemudian diangkat dengan kecepatan 20 cm/menit. Proses tersebut dilakukan dengan bantuan *controlized motor* yang telah diatur sedemikian rupa. Setelah itu, massa aerogel selulosa yang telah basah diukur kembali. Tahap berikutnya, aerogel selulosa tersebut kemudian diperas dengan melalui cara pengepresan hingga sampel mempunyai ketinggian tertentu. Hal ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan membebaskan air yang telah terserap tadi. Kemudian, aerogel selulosa yang telah melalui proses pemerasan direndam kembali dalam air demineral selama 20 menit dengan tujuan untuk pengujian absorpsi yang kedua. Ketika direndam, aerogel selulosa menjadi mengembang namun ukurannya tidak sebesar sebelumnya. Hal ini juga terjadi pada proses pengujian absorpsi yang ketiga. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa aerogel selulosa yang telah diperas masih mampu untuk menyerap air. Dari pengujian ini diperoleh

hubungan antara  $m_u$  (g air terserap/g aerogel selulosa kering) terhadap konsentrasi urea yang ditambahkan dalam bentuk kurva. Nilai  $m_u$  menunjukkan kemampuan penyerapan air dari aerogel selulosa yang dihasilkan.

Dari Gambar IV.6. secara keseluruhan terlihat bahwa nilai  $m_u$  semakin bertambah seiring dengan berkurangnya konsentrasi urea. Perubahan yang sangat signifikan terjadi pada penambahan urea dengan konsentrasi 10% hingga 6%. Pada absorpsi yang pertama, aerogel selulosa yang disintesa tanpa adanya penambahan urea mampu menyerap air hingga 24,015 kali dari massa keringnya yang merupakan nilai  $m_u$  tertinggi.

Melalui *compression test* yang telah dilakukan, aerogel selulosa dari hasil sintesa diketahui memiliki sifat fleksibilitas yang cukup baik serta memungkinkan untuk dapat digunakan kembali hanya dengan melalui proses pemerasan. Hal ini kemudian dibuktikan pada uji coba absorpsi yang kedua dan ketiga yang menunjukkan hubungan antara  $m_u$  terhadap penambahan konsentrasi urea masih memiliki kecenderungan yang sama walaupun terdapat penurunan. Nilai  $m_u$  tertinggi untuk masing-masing kondisi absorpsi kedua hingga ketiga yaitu 19,436 dan 16,717 kali pada aerogel tanpa penambahan urea.



**Gambar IV.6.** Kurva Kemampuan Penyerapan Air pada Superabsorben Aerogel Selulosa

Proses pemerasan dilakukan pada aerogel selulosa dengan tujuan untuk mengetahui seberapa besar pembebasan air yang telah terserap dapat dilakukan. Nilai kemampuan tersebut dapat dilihat pada Tabel IV.2.

**Tabel IV.2.**Kemampuan Penghilangan Air pada Aerogel Selulosa Setelah ProsesPemerasan

Perlakuan	$m_r$ ( g air terbebas / g air terserap)					
	Urea 0%	Urea 2%	Urea 4%pp	Urea 6%	Urea 8%	Urea 10%
Absorpsi pertama	0,891	0,891	0,903	0,895	0,893	0,918
Absorpsi kedua	0,857	0,868	0,863	0,867	0,874	0,902
Absorpsi ketiga	0,847	0,852	0,843	0,885	0,917	0,904

Nilai pembebasan air pada aerogel selulosa yang diperoleh dari hasil sintesa cukup variatif. Secara keseluruhan nilai  $m_r$  rata-rata pada absorpsi pertama hingga ketiga masing-masing adalah sebesar 0,898 ; 0,872 ; dan 0,875. Hal ini menunjukkan bahwa hampir seluruh dari total air yang terserap dapat dihilangkan dan aerogel selulosa dapat digunakan kembali. Dengan demikian, aerogel selulosa yang diperoleh dapat dikatakan sebagai superabsorben karena memiliki daya serap tinggi serta efisien untuk digunakan kembali dengan kapasitas serap yang relatif masih cukup besar.

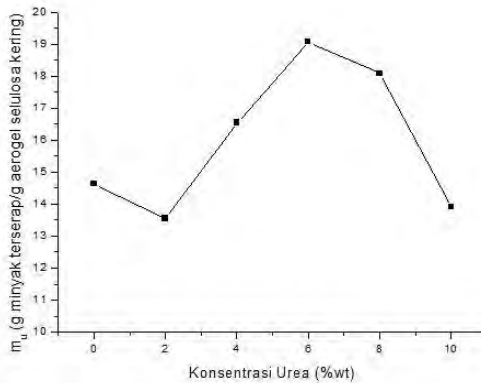
Jika dihubungkan dengan pengaruh penambahan urea terhadap porositas pada Gambar IV.3. terlihat adanya kecenderungan yang sama dengan pengaruh konsentrasi urea terhadap kemampuan absorpsi pada Gambar IV.6. Berdasarkan kesamaan tersebut maka kemampuan penyerapan air yang cukup besar yang dimiliki aerogel selulosa kemungkinan dipengaruhi oleh banyaknya volume rongga yang dimiliki oleh masing-masing

sampel. Semakin besar nilai porositas yang dimiliki oleh aerogel selulosa maka nilai kemampuan penyerapannya akan semakin meningkat pula. Dengan demikian, berkurangnya kemampuan penyerapan air yang terjadi pada absorpsi kedua dan ketiga kemungkinan disebabkan adanya struktur pori pada aerogel selulosa yang rusak akibat proses pemerasan.

#### **IV.7. Uji Kemampuan Penyerapan Minyak dengan Metode *Oil Absorption Test* (ASTM F726-06)**

Untuk mengetahui kemampuan aerogel selulosa yang dihasilkan terhadap penyerapan minyak maka dilakukan uji berdasarkan ASTM F726-98 yang telah dimodifikasi dimana absorpsi dilakukan hanya sekali. Sama halnya dengan *water absorption* test, pengujian ini diawali dengan penimbangan massa dan pengukuran dimensi dari aerogel selulosa kering. Selanjutnya aerogel selulosa direndam dalam minyak selama 20 menit.

Dari uji tersebut diperoleh hubungan antara  $m_u$  (g minyak terserap/g aerogel selulosa kering) terhadap konsentrasi urea yang ditambahkan dan dapat dilihat pada Gambar IV.7. Dari kurva tersebut terlihat bahwa terjadi perubahan kemampuan menyerap minyak yang cukup signifikan pada aerogel selulosa dengan penambahan konsentrasi urea 10% dan 8%. Nilai kemampuan menyerap minyak paling tinggi yaitu pada aerogel selulosa dengan penambahan urea 6% berat. Kemampuan penyerapan minyak tersebut ditunjukkan dengan nilai  $m_u$  sebesar 19,071 kali dari massa aerogel kering. Nilai  $m_u$  memiliki kecenderungan naik pada pengurangan konsentrasi urea yang ditambahkan dari 10% sampai 6% berat dan kemudian memiliki kecenderungan menurun dari konsentrasi 6% hingga 2% berat. Sementara itu pada aerogel selulosa tanpa penambahan urea nilai  $m_u$  kembali naik menjadi 14,631 kali.



**Gambar IV.7.** Kurva Kemampuan Penyerapan Minyak pada Superabsorben Aerogel Selulosa

Perubahan yang tidak stabil tersebut terjadi kemungkinan dipengaruhi adanya gugus hidroksil pada permukaan serat serat selulosa yang menyusun aerogel sehingga menyebabkan kandungan air yang berbeda di dalam sampel. Kondisi inilah yang kemungkinan mempengaruhi nilai kemampuan penyerapan minyak. Walaupun demikian minyak masih dapat masuk melalui pori-pori yang dimiliki aerogel selulosa. Untuk uji penyerapan minyak ini, mungkin diperlukan adanya pelapisan pada aerogel selulosa sehingga bersifat hidrofobik. Dengan pelapisan memungkinkan penyerapan minyak dapat berlangsung lebih baik karena aerogel selulosa bersifat oleofilik.



Halaman ini sengaja dikosongkan

## **BAB V**

### **KESIMPULAN**

#### **5.1. Kesimpulan**

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut ini :

1. Sintesa superabsorben aerogel selulosa dari kertas bekas dalam larutan NaOH-Urea telah berhasil dilakukan.
2. Jumlah urea yang ditambahkan pada proses sintesa berbanding terbalik dengan kemampuan absorpsi air dan porositas yang dimiliki aerogel selulosa.
3. Pada *oil absorption test*, kapasitas absorpsi terbesar adalah 19,071 kali dari massa aerogel selulosa kering pada penambahan urea 6% berat.
4. Aerogel selulosa hasil sintesa memiliki fleksibilitas yang baik sehingga dapat digunakan kembali hanya dengan proses pemerasan dan masih memiliki kapasitas absorpsi yang cukup besar.
5. Aerogel selulosa dengan penambahan konsentrasi urea sebesar 4% berat memiliki *modulus young* terbesar yaitu 10.200 N/m<sup>2</sup>.

#### **5.2. Saran**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, disarankan untuk mengembangkan penelitian yang difokuskan pada pelapisan hidrofobik dipermukaan aerogel selulosa yang diperoleh sehingga mampu memperbesar kemampuan penyerapan minyak.

Halaman ini sengaja dikosongkan

## DAFTAR PUSTAKA

- Chang, C., Zhang, L. (2011) *Cellulose-based Hydrogels : Present Status and Application Prospects*. Carbohydrate Polymers. 85 : 40-53.
- Chang, C., Zhang, L., et al. (2010). *Structure and Properties of Hydrogels Prepared From Cellulose in NaOH/Urea Aqueous Solutions*. Carbohydrate Polymers. 82 : 122-127.
- Hou, T. (1942). *Manufacture of soda*. American Chemical Society. no. 65, New York, Reinhold, 2d ed. ed.
- Isobe, N., Noguchi, K.,. (2012). *Role of Urea in Alkaline Dissolution of Cellulose*. Cellulose 20:97-103
- Isogai, A., Atalla, R. H. (1998). *Dissolution of cellulose in aqueous NaOH solutions*. Cellulose, vol. 5, no. 4, pp. 309-319.
- Mallepally, R. R., Bernard, I., et al. (2012). *Superabsorbent Alginate Aerogels*. The Journal of Supercritical Fluids. 79 : 202-208.
- Nguyen, S.T., Feng, J., et al. (2014). *Advance Thermal Insulation and Absorbtion Properties of Recycled Cellulose Aerogel*. Colloid and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects. 445: 128-134.
- Nourbakhsh, A., Ashori, A. (2010). *Particle Board Made From Waste Paper Treated with Maleic Anhydride*. Waste Manage. Res. 28 : 51-55.
- Sahin, H.T., Arslan, M.B. (2008). *A Study on Physical and Chemical Properties of Cellulose Paper Immersed in Various Solvent Mixtures*. International Journal of Molecular Sciences. 9 : 78-88.
- Sehaqui, H., Zhou, Q., Berlund, L.A. (2011). *High-Porosity Aerogels of High Specific Surface Area Prepared From Nanofibrillated Cellulose (NFC)*. Composite Science And Technology. 71 : 1593-1599.
- Sescousse, R., Gavillon, R., Budtova, R. (2010). *Aerocellulose from Cellulose-ionic liquid solutions : Preparation, Properties*

*and Comparison with Cellulose-NaOH and Cellulose-NMMO routes. Carbohydrate Polymers. 86 : 1766-1774*

Tarmansyah, Umar S. (2005). *Pemanfaatan Serat Rami Untuk Pembuatan Selulosa*. Tim Puslitbang Indahan Balitbang Dephan.

Wang, Ying. (2008). *Cellulose Fiber Dissolution in Sodium Hydroxide Sollution at Low Temperature: Dissolution Kinetics and Solubility Improvement*. Georgis Intitute of Technology.

## APPENDIKS

### ***Water Absorption Test***

Pada pengujian *water absorption* aerogel selulosa sampel 6, diperoleh data sebagai berikut :

Perlakuan (i)	$m_0(g)$	$m_{wi}(g)$	$m_{si}(g)$
Absorpsi pertama	1,527	21,880	3,200
Absorpsi kedua		16,593	3,004
Absorpsi ketiga		15,502	2,866

Dimana :

$m_0$  = massa aerogel selulosa kering (g)

$m_w$  = massa aerogel selulosa basah (g)

$m_u$  = kemampuan absorpsi (g liquid yang terserap / g aerogel selulosa kering)

$m_s$  = massa aerogel selulosa setelah pemerasan (g)

$m_r$  = kemampuan pembebasan liquid  
(g liquid yang dibebaskan/ g liquid terserap)

### **1. Kemampuan Absorpsi Air**

Melalui *water absorption test* akan diperoleh nilai kemampuan absorpsi air yang merupakan perbandingan antara massa air yang terserap terhadap massa aerogel selulosa kering. Untuk mencari nilai tersebut dapat dirumuskan seperti pada persamaan (1).

$$m_{ui} = \frac{m_{wi} - m_0}{m_0} \quad (1)$$

**Perhitungan absorpsi yang pertama :**

$$m_{u1} = \frac{21,880 - 1,527}{1,527}$$

$$m_{u1} = 13,33$$

**Perhitungan absorpsi yang kedua :**

$$m_{u2} = \frac{16,593 - 1,527}{1,527}$$

$$m_{u2} = 9,87$$

**Perhitungan absorpsi yang ketiga :**

$$m_{u3} = \frac{15,502 - 1,527}{1,527}$$

$$m_{u3} = 9,15$$

## **2. Kemampuan Pembebasan Air**

Kemampuan pembebasan air merupakan perbandingan antara massa air yang terbebas akibat pemerasan terhadap massa air yang telah terserap sebelum pemerasan. Untuk mencari nilai tersebut dapat dirumuskan seperti pada persamaan (2).

$$m_{ri} = \frac{m_{wi} - m_{si}}{m_{wi} - m_0} \quad (2)$$

**Perhitungan pada absorpsi yang pertama :**

$$m_{r1} = \frac{21,880 - 3,200}{21,880 - 1,527}$$

$$m_{r1} = 0,917$$

**Perhitungan pada absorpsi yang kedua :**

$$m_{r2} = \frac{16,593 - 3,004}{16,593 - 1,527}$$

$$m_{r2} = 0,901$$

**Perhitungan pada absorpsi yang pertama ketiga :**

$$m_{r3} = \frac{15,502 - 2,866}{15,502 - 1,527}$$

$$m_{r3} = 0,904$$

***Oil Absorption Test***

Pada pengujian *oil absorption* aerogel selulosa sampel 6, diperoleh data sebagai berikut :

Perlakuan	$m_0$ (g)	$m_w$ (g)	$m_s$ (g)
Absorpsi	1,344	20,050	4,009

Dimana :

$m_0$  = massa aerogel selulosa kering (g)

$m_w$  = massa aerogel selulosa basah (g)

$m_u$  = kemampuan absorpsi (g liquid yang terserap / g aerogel selulosa kering)

$m_s$  = massa aerogel selulosa setelah pemerasan (g)

$m_r$  = kemampuan pembebasan liquid  
(g liquid yang dibebaskan/ g liquid terserap)

Melalui *oil absorption test* akan diperoleh nilai kemampuan absorpsi minyak yang merupakan perbandingan antara massa minyak yang terserap terhadap massa aerogel selulosa kering. Untuk mencari



nilai tersebut dapat dirumuskan seperti pada persamaan (1).

#### **Perhitungan absorpsi minyak :**

$$m_u = \frac{20,050 - 1,344}{1,344}$$

$$m_u = 13,914$$

#### **2. Kemampuan Pembebasan Minyak**

Kemampuan pembebasan minyak merupakan perbandingan antara massa minyak yang terbebas akibat pemerasan terhadap massa minyak yang telah terserap sebelum pemerasan. Untuk mencari nilai tersebut dapat dirumuskan seperti pada persamaan (2).

#### **Perhitungan pembebasan minyak :**

$$m_r = \frac{20,050 - 4,009}{20,050 - 1,344}$$

$$m_r = 0,857$$

#### ***Bulk Density***

*Bulk density* aerogel selulosa diperoleh dari perbandingan dari massa aerogel kering terhadap volumenya. Volume aerogel selulosa diperoleh melalui perhitungan dengan mengasumsikan bahwa sampel memiliki bentuk silinder. Dengan demikian *bulk density* dapat dirumuskan seperti pada persamaan (3).

$$\rho_b = \frac{m_0}{V_d} \quad (3)$$

Dimana :

$$\begin{aligned}\rho_b &= \text{massa jenis sampel aerogel selulosa kering (g/cm}^3\text{)} \\ m_0 &= \text{massa aerogel selulosa kering (g)} \\ V_d &= \text{volume aerogel selulosa kering (cm}^3\text{)}\end{aligned}$$

### ***Porositas***

Porositas merupakan perbandingan antara volume rongga terhadap volume aerogel selulosa. Berdasarkan perbandingan tersebut dapat diturunkan sehingga dapat diperoleh persamaan (4) yang digunakan untuk menentukan nilai porositas.

$$\varepsilon = 1 - \frac{\rho_b}{\rho_t} \quad (4)$$

Dimana :

$$\begin{aligned}\varepsilon &= \text{porositas} \\ \rho_b &= \text{massa jenis sampel aerogel selulosa kering (g/cm}^3\text{)} \\ \rho_t &= \text{massa jenis selulosa murni dengan nilai 1,5 (g/cm}^3\text{)}\end{aligned}$$

### ***Compression Test***

Melalui *compression test* dapat diperoleh nilai *modulus young* dengan mencari nilai *stress* dan *strain* ketika terjadi kemiringan linier pada kondisi awal kurva. Nilai *modulus young* dapat dicari melalui penurunan rumus seperti pada persamaan (5).

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (5)$$

Dimana :

$$\begin{aligned}\varepsilon &= \text{strain} \\ E &= \text{modulus young (N/m}^2\text{)} \\ \sigma &= \text{stress (N/m}^2\text{)}\end{aligned}$$

Halaman ini sengaja dikosongkan

## BIOGRAFI PENULIS



BHISMA ANUGERAH AGUNG PRAKASA dilahirkan di Situbondo, Jawa Timur pada tanggal 10 Mei 1993. Penulis menempuh pendidikan formal di SDK Fransiskus Xaverius Situbondo, SMPK Santo Elias Situbondo, kemudian melanjutkan studi ke SMAK Mgr. Soegijapranata Pasuruan. Pada tahun 2011, penulis mulai menempuh pendidikan S1 di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Penulis melakukan kerja prakteknya di PT

Semen Indonesia, Tuban. Penulis melakukan riset tugas akhirnya dengan judul “Sintesa Superabsorben Aerogel Selulosa dari Kertas Bekas” di Laboratorium Elektrokimia dan Korosi Jurusan Teknik Kimia FTI-ITS di bawah bimbingan Ir. Minta Yuwana, MS dan Prof. Dr. Ir. Heru Setyawan, M.Eng.

E-mail : [bhisma.nugerah@gmail.com](mailto:bhisma.nugerah@gmail.com)

## BIOGRAFI PENULIS



SAM MATAHARI dilahirkan di Gresik, Jawa Timur pada tanggal 3 Februari 1993. Penulis merupakan anak pertama dari 2 bersaudara. Penulis menempuh pendidikan formal di SDN Pongangan II, SMPN 3 Gresik, kemudian melanjutkan studi ke SMAN 1 Gresik. Pada tahun 2011, penulis menempuh pendidikan S1 di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Penulis Melakukan kerja prakteknya di PT. Petrokimia Gresik.

Penulis melakukan riset tugas akhirnya dengan judul “Sintesa Superabsorben Aerogel Selulosa dari Kertas Bekas” di Laboratorium Elektrokimia dan Korosi Jurusan Teknik Kimia FTI-ITS dibawah bimbingan Ir. Minta Yuwana, MS dan Prof. Dr. Ir. Heru Setyawan, M.Eng.

E-mail : sam\_matahari@yahoo.com